

27. 8. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 24 SEP 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 2 月 1 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 4 2 1 5 7
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 4 2 1 5 7]

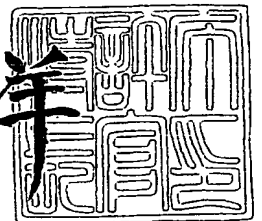
出 願 人 株 式 会 社 ニ コ ン
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 8 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 04-0150NK
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G03B 20/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 【氏名】 村上 敦信
【特許出願人】
 【識別番号】 000004112
 【氏名又は名称】 株式会社ニコン
【代理人】
 【識別番号】 100109221
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 福田 充広
【選任した代理人】
 【識別番号】 100112427
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 藤本 芳洋
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 110583
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9908077
 【包括委任状番号】 0016868

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

物体との間に所定の液体を満たした状態で使用される光学系に用いられて物体側に配置される光学部品であって、

フッ化物材料で形成された基板材と、前記基板材の物体側の表面上に形成される被覆膜とを有する第 1 光学部材と、

前記被覆膜を介して前記第 1 光学部材にオプティカルコンタクトされる前記第 2 光学部材と、
を備える光学部品。

【請求項 2】

前記被覆膜は、前記第 1 光学部材上に層状に形成され少なくとも表層が酸化物からなることを特徴とする請求項 1 記載の光学部品。

【請求項 3】

前記第 2 光学部材の基材は、酸化物で形成されていることを特徴とする請求項 1 及び請求項 2 のいずれか一項記載の光学部品。

【請求項 4】

前記第 2 光学部材の基材は、石英で形成されていることを特徴とする請求項 3 記載の光学部品。

【請求項 5】

前記第 1 光学部材の前記基板材は、蛍石で形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項記載の光学部品。

【請求項 6】

前記被覆膜は、二酸化珪素で形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項記載の光学部品。

【請求項 7】

前記被覆膜は、所定温度に加熱された前記基板材上に真空蒸着によって堆積されたものであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項記載の光学部品。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項記載の光学部品を備える液浸型の投影光学系。

【請求項 9】

マスクを照明する照明系と、

前記マスクに形成されたパターン像を物体側に配置した感光性基板上に形成する請求項 8 記載の投影光学系と、

投影に際して、前記感光性基板と前記投影光学系の前記光学部品との間に所定の液体を供給する液体供給手段と
を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 10】

露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介して前記マスクのパターンを基板上に転写し、前記基板の表面と前記投影光学系の前記基板側の光学部品との間を所定の液体で満たした露光装置であって、

前記投影光学系の前記基板側に設けた光学素子の表面に膜を介して光学部材がオプティカルコンタクトされていることを特徴とする露光装置。

【請求項 11】

前記光学素子の基材は、蛍石で形成されていることを特徴とする請求項 10 記載の露光装置。

【請求項 12】

前記光学部材の基材は、石英で形成されていることを特徴とする請求項 10 及び請求項 11 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 13】

前記膜は、二酸化珪素で形成されていることを特徴とする請求項 10 乃至請求項 12 の

いずれか一項記載の露光装置。

【請求項 14】

請求項 8 記載の投影光学系の物体側に感光性基板を配置するとともに、当該投影光学系と当該感光性基板との間に所定の液体を満たす工程と、

前記投影光学系の非物体側にパターン像を形成したマスクを配置する工程と、

前記マスクを照明することによって、前記マスクの前記パターン像を、前記投影光学系及び前記所定の液体を介して前記感光性基板上に投影露光する工程とを有することを特徴とする露光方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】光学部品、露光装置及び方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等のデバイスを製造するリソグラフィ工程で、マスクパターンを感光性の基板上に転写するために用いられる液浸法を用いた投影露光装置に使用される光学部品、及び該光学部品を組み込んだ投影光学系、投影露光装置等に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体素子等を製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターン像を、投影光学系を介して、感光性基板としてのレジストが塗布されたウェハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に転写する投影露光装置が使用されている。かかる投影露光装置として、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型の露光装置（ステッパ）がこれまで多用されていたが、最近では、レチクルとウェハとを同期走査して露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置も注目されている。

【0003】

ところで、投影露光装置に組み込まれている投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が大きいくほど高くなる。そのため、集積回路の微細化に伴い投影露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大してきている。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されている。

【0004】

一方、露光光の短波長化に伴い、所望の結像性能を確保しつつ露光に十分な光量を確保できる透過率を有する硝材は限定されており、単なる短波長化とは異なる手法で解像度の向上を図ることも期待されている。かかる事情から、投影光学系の下面とウェハ表面との間を水、又は有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が空気中の $1/n$ 倍になることを利用して、解像度を向上させる液浸型の投影露光装置が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平10-303114号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

このような液浸型の投影露光装置を、ステップ・アンド・リピート方式やステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置として構成する場合には、露光中、投影光学系と液体とが接するために、液体と接した投影光学系の先端部が液体によって浸食される可能性があり、所望の光学性能が得られないという問題がある。特に、投影光学系の先玉を構成する光学部品として蛍石その他のフッ化物からなるレンズ素子等を用いる場合、かかるレンズ素子等が液体に比較的溶け出し易くなるので、投影光学系の光学性能が劣化し寿命が縮まることが問題となる。

【0006】

本発明は、液浸法を適用した場合にも、投影光学系の先端部が液体によって浸食されにくい光学部品、及びかかる光学部品を組み込んだ投影光学系、投影露光装置等を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明に係る第1の光学部品は、物体との間に所定の液体を満たした状態で使用される光学系に用いられて物体側に配置される光学部品であって、（a）フッ化物材料で形成された基板材と、基板材の物体側の表面上に例えば層状に形成さ

れる被覆膜とを有する第1光学部材と、(b)被覆膜を介して第1光学部材にオプティカルコンタクトされる第2光学部材とを備える。

【0008】

上記光学部品では、第2光学部材が被覆膜を介して第1光学部材にオプティカルコンタクトされるので、適当な被覆膜の存在によって、フッ化物材料を基板材とする第1光学部材に対して第2光学部材を強固に接合することができる。この結果、第1光学部材を第2光学部材によって保護することができ、かかる光学部品を組み込んだ光学系の性能を長期に亘って維持することができる。

【0009】

また、本発明に係る第2の光学部品は、第1の光学部品において、被覆膜が、第1光学部材上に層状に形成され少なくとも表層が酸化物からなる。この場合、第1光学部材のオプティカルコンタクトに供する面を酸化物で形成することができ、酸化物に含まれる水酸基を利用して第2光学部材に対する接合強度を高めることができる。

【0010】

また、本発明に係る第3の光学部品は、第1、2の光学部品において、第2光学部材の基材が酸化物で形成されている。この場合、酸化物を基材とする第2光学部材の水酸基を利用して第1光学部材との接合強度を高めることができる。また、第2光学部材がマスクとなって第1光学部材の耐水性を高めることができる。

【0011】

また、本発明に係る第4の光学部品は、第3の光学部品において、第2光学部材の基材が石英で形成されている。この場合、第2光学部材の耐水性や接合強度が特に優れたものになり、紫外光等の透過性も良好である。

【0012】

また、本発明に係る第5の光学部品は、第1～4の光学部品において、第1光学部材の基板材が蛍石で形成されている。この場合、紫外光等の透過性が良好で、紫外光等に対する耐久性も良好である。また、被覆膜が例えば二酸化珪素等で形成されている場合、成膜時に基板材等を加熱してもクラックが発生しにくい。

【0013】

また、本発明に係る第6の光学部品は、第1～5の光学部品において、被覆膜が二酸化珪素で形成されている。この場合、第1光学部材のオプティカルコンタクトに供する面が二酸化珪素で形成されるので、二酸化珪素表面の水酸基を利用して第2光学部材に対する接合強度を高めることができる。また、二酸化珪素は、高い制御性で成膜することができ、膜質を高品位とすることができる。

【0014】

また、本発明に係る第7の光学部品は、第1～6の光学部品において、被覆膜が、所定温度に加熱された基板材上に真空蒸着によって堆積されたものである。この場合、基板材上の被覆膜の付着強度を高めることができ、膜の光透過特性も良好である。

【0015】

また、本発明に係る投影光学系は、上述の第1～7の光学部品を備える液浸型の光学系である。

【0016】

上記投影光学系においては、優れたオプティカルコンタクトによって第1光学部材と第2光学部材と強固に接合した上述の光学部品を備えるので、液浸型の光学系レンズ性能を長期に亘って維持することができる。

【0017】

また、本発明に係る第1の露光装置は、(a)マスクを照明する照明系と、(b)マスクに形成されたパターン像を物体側に配置した感光性基板上に形成する上記投影光学系と、(c)投影に際して、感光性基板と投影光学系の光学部品との間に所定の液体を供給する液体供給手段とを備える。

【0018】

上記第1の露光装置では、優れたオプティカルコンタクトを達成した光学部品を組み込んだ上述の投影光学系を利用するので、高い性能を長期に亘って維持できる液浸型の露光処理が可能になる。

【0019】

また、本発明に係る第2の露光装置は、露光ビームでマスクを照明し、投影光学系を介してマスクのパターンを基板上に転写し、基板の表面と投影光学系の基板側の光学部品との間を所定の液体で満たした露光装置であって、投影光学系の基板側に設けた光学素子の表面に膜を介して光学部材がオプティカルコンタクトされていることを特徴とする。ここで、基板は、例えばフッ化物で形成される。

【0020】

上記第2の露光装置では、優れたオプティカルコンタクトを達成した光学部品を組み込んだ投影光学系を利用するので、高い性能を長期に亘って維持できる液浸型の露光処理が可能になる。

【0021】

また、本発明に係る第3の露光装置は、第2の露光装置において、光学素子の基材が蛍石で形成されている。この場合、紫外光等を使用した高精度の露光が可能になる。

【0022】

また、本発明に係る第4の露光装置は、第2の露光装置において、光学部材の基材が石英で形成されている。この場合、水等を利用した液浸型の露光のための投影光学系延いては露光装置の耐久性が高まり、かつ、紫外光等を使用した高精度の露光が可能になる。

【0023】

また、本発明に係る第5の露光装置は、第2の露光装置において、膜が二酸化珪素で形成されている。この場合、二酸化珪素の膜によってオプティカルコンタクトの接合強度及び光透過性を高めた光学部品を組み込んだ投影光学系を利用するので、紫外光等を使用した高精度の露光が可能になる。

【0024】

また、本発明に係る露光方法は、(a) 上記投影光学系の物体側に感光性基板を配置するとともに、当該投影光学系と当該感光性基板との間に所定の液体を満たす工程と、(b) 投影光学系の非物体側にパターン像を形成したマスクを配置する工程と、(c) マスクを照明することによって、マスクのパターン像を、投影光学系及び所定の液体を介して感光性基板上に投影露光する工程とを備える。

【0025】

上記露光方法では、優れたオプティカルコンタクトを達成した光学部品を組み込んだ投影光学系を利用してマスクのパターン像を感光性基板上に投影するので、高い性能を長期に亘って維持できる液浸型の露光処理が可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

〔第1実施形態〕

以下、図面を参照して、本発明の第1実施形態に係る投影露光装置の説明を行う。図1は、第1実施形態に係るステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置の概略構成図である。

【0027】

この投影露光装置は、レチクル（マスク）Rを照明する照明光学系10と、レチクルRを支持するレチクルステージ装置20と、ウェハ（基板）Wを支持するウェハステージ装置30と、ウェハステージ装置30を駆動してウェハWを3次元的に移動させるウェハステージ駆動系40と、レチクルRに形成されたパターン像をウェハW上に投影する投影光学系50と、投影光学系50とウェハWとの間に液体LQを供給する液体循環装置60と、投影露光装置の全体的な動作を統括的に制御する主制御系100とを備える。

【0028】

照明光学系10は、露光光源であるArFエキシマレーザ光源を含み、オプティカル・

インテグレータ（ホモジナイザー）、視野絞り、コンデンサレンズ等から構成される。光源から射出された波長193 nmの紫外パルス光よりなる露光光ILは、照明光学系10を射出して、レチクルRに設けられたパターン像を照明する。レチクルRを通過した像光は、投影光学系50を介して、フォトリソが塗布されたウェハW上の露光領域に投影される。なお、露光光ILとしては、KrFエキシマレーザ光（波長248 nm）、F₂レーザ光（波長157 nm）や水銀ランプのi線（波長365 nm）等を使用してもよい。

【0029】

レチクルステージ装置20は、レチクルRを保持した状態でその位置や姿勢を調節することができるようになっている。すなわち、レチクルステージ装置には、投影光学系50の光軸OAに対して実質的に垂直なX方向及びY方向や、光軸OAまわりの回転方向にレチクルRを微動させる機構が組み込まれている。レチクルRのX方向、Y方向及び回転方向の位置は、レチクルレーザ干渉計（不図示）によってリアルタイムで計測されており、レチクルステージ駆動系（不図示）によって制御されている。

【0030】

ウェハステージ装置30は、ウェハWを保持した状態でその位置や姿勢を調節することができるようになっている。具体的な構造について説明すると、ウェハWは、ウェハホルダ31を介してZステージ32上に固定されており、このZステージ32は、ウェハWのフォーカス位置すなわち光軸OAに対して実質的に平行なZ方向の位置及びこれに対する傾斜角の調節を可能にする。Zステージ32は、XYステージ33上に固定されており、このXYステージ33は、ベース35上に支持されている。XYステージ33は、ウェハホルダ31を投影光学系50の像面に対して実質的に平行なXY平面に沿って移動させることができ、ウェハW上のショット領域の変更等を可能にする。なお、Zステージ32のX方向、Y方向及び回転方向の位置は、ウェハホルダ31上に設けた移動鏡71と、移動鏡71に計測光を供給するウェハレーザ干渉計72とによってリアルタイムで計測されている。

【0031】

ウェハステージ駆動系40は、主制御系100からの制御信号に応じて動作しており、ウェハWをその姿勢を所望の状態に保ちつつ、適当なタイミングで目的の位置に移動させることができる。

【0032】

投影光学系50は、石英または蛍石を加工することによって形成されたレンズ等の複数の光学素子又は光学部品を収納する鏡筒51を備えている。この投影光学系50は、両側テレセントリック又はウェハW側に片側テレセントリックな結像光学系であり、レチクルRのパターン像が、投影光学系50を介して、ウェハW上のショット領域に、例えば1/4、1/5等の所定投影倍率 β で縮小投影される。

【0033】

なお、この投影光学系50は、ウェハWとの間に所定の液体LQを満たした状態で使用される液浸光学系となっている。つまり、この投影露光装置においては、露光波長を実質的に短くし、かつ、解像度を向上させるために液浸法が適用されている。このような液浸型の投影露光装置においては、少なくともレチクルRのパターン像をウェハW上に転写している間は、ウェハWの表面と投影光学系50のウェハW側に露出する光学部品53の先端面との間に液体LQが満たされている。液体LQとしては、半導体製造工場等で容易に大量に入手できる純水が使用されている。純水は、不純物の含有量が極めて低いため、ウェハWの表面を洗浄する作用が期待できる。なお、露光中において、投影光学系50のうち光学部品53のウェハW側の先端部のみが液体LQと接触するように構成されているので、金属からなる鏡筒51の腐食等が防止される。

【0034】

図2は、投影光学系50のウェハW側に突起する光学部品53の構造を概念的に説明する側方断面図である。

【0035】

図からも明らかなように、光学部品53は、蛍石で形成された光学素子である基板材55aを有する第1光学部材55と、合成石英で形成された基板材からなる第2光学部材56とを、互いにオプティカルコンタクト（光学接着）させることによって形成したものである。この投影光学系50では、光学部品53のうち先端側の第2光学部材56のみが純水等である液体LQと接触し、奥側の第1光学部材55は液体LQと直接接触しないようになっている。このように、第2光学部材56によって投影光学系50の先端をカバーしている理由は、蛍石からなる第1光学部材55が純水等である液体LQに対してわずかであるが可溶性を有することを考慮したものであり、高い耐水性を有する合成石英からなる第2光学部材56によって第1光学部材55を保護することとしたものである。

【0036】

オプティカルコンタクトを利用して第2光学部材56を第1光学部材55上に保持、固着させる場合、第2光学部材56が第1光学部材55に対して位置ずれしたり脱落しないように、両光学部材55、56間の接合強度を高める必要がある。このため、第1光学部材55のオプティカルコンタクトに供される側の表面には、酸化物からなる薄い被覆膜55bが形成されている。一方、第2光学部材56のオプティカルコンタクトに供される側の表面には、特に被覆膜を形成していない。このように、第1光学部材55の基板材55aと第2光学部材56との間に被覆膜55bを介在させることによって、第1光学部材55と第2光学部材56との間の接合強度が高まる。

【0037】

以下、第1及び第2光学部材55、56間の接合強度が高まる理由について簡単に説明する。オプティカルコンタクトの接合強度に影響する因子として、特開平9-221342号公報に示されているように、接合面の面粗さが知られている。しかしながら、オプティカルコンタクトに際して、面粗さの他に化学的因子が影響することが最近分かって来っており、本発明者は、このような化学的因子を制御することによって、投影光学系50先端の光学部品53を構成する第1及び第2光学部材55、56間の接合強度を高め得ることを見出した。

【0038】

従来行われている酸化物光学材料相互間のオプティカルコンタクトでは、接合に供される表面の双方に水酸基（ $-OH$ ）が高密度で存在するため、これらを密着させることで水素結合もしくは脱水縮合による共有結合が生じ、強固な接合が得られるものと考えられる。一方、本実施形態の光学部品53において、第1光学部材55の基板材55aを構成するフッ化物（具体的には CaF_2 ）の表面は、酸化物表面と比較して水酸基密度が低いいため、そのままで第2光学部材56と密着させても強固な接合が得られないと考えられる。そこで、基板材55aのフッ化物表面を酸化物からなる被覆膜55bによって被覆することで、接合面に十分な量の水酸基を導入することとした。これにより、第1及び第2光学部材55、56相互間で、強固なオプティカルコンタクトを達成することができた。具体的には、真空蒸着を利用して、基板材55a上に二酸化珪素（ SiO_2 ）からなる薄い被覆膜55bを均一に堆積している。

【0039】

また、蛍石からなる基板材55a上に二酸化珪素からなる被覆膜55bを真空蒸着しているので、被覆膜55bにクラック等が発生することができる。すなわち、蛍石の熱膨張係数と二酸化珪素の熱膨張係数との間には大きな差がないので、加熱した状態の基板材55a上に被覆膜55bを成膜した後に基板材55a等を常温まで冷却しても、被覆膜55bにクラックが発生したり、応力歪が残存したりすることを防止できる。なお、石英上にフッ化物膜を成膜した場合には、熱膨張係数の差が1桁程度あることに起因してクラックが発生しやすくなる。

【0040】

図3は、図2に示す光学部品53の製造工程を簡単に説明する図である。図3（a）に示すように、まず蛍石（ CaF_2 ）を加工して所定の光学面OS1を有する光学素子であ

る基板材 55a を準備する。次に、図 3 (b) に示すように、基板材 55a を加熱しつつ光学面 OS1 上に SiO_2 層を堆積して被覆膜 55b とする。これにより、第 1 光学部材 55 を準備することができる。この際、真空蒸着を利用することにより、基板材 55a に対して密着性が良く、高密度の被覆膜 55b を形成することができる。次に、図 3 (c) に示すように、合成石英 (SiO_2) を加工して所定の光学面 OS2 を有する第 2 光学部材 56 を準備する。最後に、図 3 (d) に示すように、第 1 及び第 2 光学部材 55, 56 を張り合わせて、第 1 光学部材 55 の被覆膜 55b の表面 OS3 と、第 2 光学部材 56 の光学面 OS2 との間にオプティカルコンタクトを形成し、光学部品 53 を完成する。

【0041】

具体的な作製例では、第 1 光学部材 55 の基板材 55a を構成する蛍石 (CaF_2) の射出側の光学面 OS1 を平坦面に加工した。また、真空蒸着による成膜時における基板材 55a の温度を 150°C とし、形成する被覆膜 55b の膜厚を 10 nm 程度とした。一方、第 2 光学部材 56 については、合成石英の基板を加工して 1 mm 厚の平行平板とした。その後、接着剤を利用することなく、第 1 光学部材 55 のオプティカルコンタクト面と第 2 光学部材 56 のオプティカルコンタクト面とを張り合わせて接合する。このようにして形成した光学部品 53 のオプティカルコンタクトの強度を確認するため、以下の実験を行った。光学部品 53 の透過率評価のため、Varian 社製の分光光度計 Carry 400 にて、波長 193.4 nm における透過率 (%) の測定を行った。また、光学部品 53 の強度評価のため、インテコ社製の精密万能材料試験機による引張り加重試験を行った。なお、引張り加重試験に際しては、光学部品 53 のうち第 1 光学部材 55 から第 2 光学部材 56 を引き剥がす方向、すなわちオプティカルコンタクト面に対して垂直な方向に離間させる引張り加重を与えて、第 2 光学部材 56 が剥離した加重値を剥離加重 (Kgf/cm^2) とした。比較のため、被覆膜 55b を有しない第 1 光学部材を準備し、この第 1 光学部材と第 2 光学部材 56 とを直接オプティカルコンタクトした比較試料も準備した。結果は、以下の表 1 に示すとおりである。

【表 1】

【表 1】

	透過率 (%)	剥離加重 (Kgf/cm^2)
実施例 (SiO_2 層有り)	91.5	31.8
比較例 (SiO_2 層無し)	91.5	10.3

以上の表 1 から明らかなように、実施例の光学部品 53 では、オプティカルコンタクトに関して比較例の光学部品よりも数倍以上の耐剥離強度が得られており、露光光波長に関する光量ロスも同等で遜色ないことが分かる。

【0042】

図 1 に戻って、液体循環装置 60 は、液体供給装置 61 と液体回収装置 62 とを備える。このうち、液体供給装置 61 は、液体 LQ 用のタンク、加圧ポンプ、温度制御装置等からなり、供給管 63 及び排出ノズル 64 を介してウェハ W と光学部品 53 の先端部と間に温度制御された状態の液体 LQ を供給する。また、液体回収装置 62 は、液体 LQ 用のタンク、吸引ポンプ等からなり、回収管 65 及び流入ノズル 66 を介してウェハ W と光学部品 53 の先端部との間の液体 LQ を回収する。このような液体循環装置 60 によって循環する液体 LQ の温度は、例えば本実施形態の投影露光装置が収納されているチャンバ内の温度と同程度に設定されている。なお、波長が 200 nm 程度の露光光に対する純水の屈折率 n は約 1.44 であり、波長 193 nm である ArF エキシマレーザ光は、ウェハ W 上において $1/n$ 、即ち見かけ上 134 nm に短波長化されるため、高い解像度を得ることができる。

【0043】

図 4 (a) は、図 1 の排出ノズル 64 と流入ノズル 66 のうち X 方向に関するものの配置関係を示す平面図であり、図 4 (b) は、図 1 の排出ノズル 64 と流入ノズル 66 のうち Y 方向に関するものの配置関係を示す平面図である。

【0044】

図4(a)に示すように、投影光学系の先玉である光学部品53の先端部53Aを挟むように、+X方向側に細い先端部を有する第1排出ノズル64aが配置されており、-X方向側に細い先端部を有する第2排出ノズル64bが配置されている。これら第1及び第2排出ノズル64a, 64bは、それぞれ第1及び第2供給管63a, 63bを介して液体供給装置61に接続されている。また、光学部品53の先端部53Aを挟むように、+X方向側に先端部で広がった一对の第1流入ノズル66aが配置されており、-X方向側に先端部で広がった一对の第2流入ノズル66bが配置されている。これら第1及び第2流入ノズル66a, 66bは、それぞれ第1及び第2回収管65a, 65bを介して液体回収装置62に接続されている。

【0045】

実線で示す矢印FA1の方向(-X方向)にウェハWをステップ移動させる際には、第1供給管63a及び第1排出ノズル64aを介して光学部品53の先端部53AとウェハWとの間に液体LQを供給する。これと同期して、第2回収管65b及び第2流入ノズル66bを介して光学部品53の先端部53AとウェハWとの間に供給された液体LQを回収する。一方、点線で示す矢印の方向FA2の(+X方向)にウェハWをステップ移動させる際には、第2供給管63b及び第2排出ノズル64bを介して光学部品53の先端部53AとウェハWとの間に液体LQを供給する。これと同期して、第1回収管65a及び第1流入ノズル66aを介して光学部品53の先端部53AとウェハWとの間に供給された液体LQを回収する。

【0046】

図4(b)に示すように、光学部品53の先端部53Aを挟むように、+Y方向側に細い先端部を有する第3排出ノズル64cが配置されており、-Y方向側に細い先端部を有する第4排出ノズル64dが配置されている。これら第3及び第4排出ノズル64c, 64dは、それぞれ第3及び第4供給管67a, 67bを介して液体供給装置61に接続されている。また、光学部品53の先端部53Aを挟むように、+Y方向側に先端部で広がった一对の第3流入ノズル66cが配置されており、-Y方向側に先端部で広がった一对の第4流入ノズル66dが配置されている。これら第3及び第4流入ノズル66c, 66dは、それぞれ第3及び第4回収管68a, 68bを介して液体回収装置62に接続されている。

【0047】

±Y方向にウェハWをステップ移動させる場合も、±X方向のステップ移動と同様であり、第3及び第4供給管67a, 67bを切り替えて第3及び第4排出ノズル64c, 64dのうち対応する一方で液体LQを吐出させ、第3及び第4回収管68a, 68bを切り替えて第3及び第4流入ノズル66c, 66dのうち対応する一对で液体LQを吸引させる。

【0048】

なお、以上のように、X方向またはY方向から液体LQの供給及び回収を行うノズル64a~64d, 66a~66dだけでなく、例えば斜めの方向から液体LQの供給及び回収を行うためのノズルを設けてもよい。

【0049】

図1に戻って、主制御系100は、レチクルステージ装置20に組み込まれている駆動機構に制御信号を送信し、レチクルステージを微動させることによりレチクルRの位置や姿勢の調整を行う。この際、不図示のレチクルレーザ干渉計により、レチクルRのX方向、Y方向及び回転方向の位置の計測が行われる。

【0050】

また、主制御系100は、ウェハステージ駆動系40に制御信号を送信し、ウェハステージ駆動系40を介してZステージ33を駆動させることにより、ウェハWのフォーカス位置及び傾斜角の調整を行う。また、主制御系100は、ウェハステージ駆動系40に制御信号を送信し、ウェハステージ駆動系40を介してXYステージ33を駆動させること

により、ウェハWのX方向、Y方向及び回転方向の位置調整を行う。この際、ウェハレーザ干渉計72により、レチクルRのX方向、Y方向及び回転方向の位置の計測が行われる。

【0051】

露光時には、主制御系100は、ウェハステージ駆動系40に制御信号を送信し、ウェハステージ駆動系40を介してXYステージ33を駆動させることにより、ウェハW上の各ショット領域を順次露光位置にステップ移動させる。すなわち、ステップ・アンド・リピート方式によりレチクルRのパターン像をウェハW上に露光する動作が繰り返される。

【0052】

主制御系100は、露光中又はその前後において、液体供給装置61や液体回収装置62からなる液体循環装置60を適宜動作させて、ウェハWの移動中における投影光学系50下端とウェハWとの間に充填される液体LQに関し供給量及び回収量の制御を行う。図5を参照して、ウェハWの移動が例えば矢印FA1に沿った-X方向である場合において、第1排出ノズル64aより供給された液体LQは、矢印FA1の方向(-X方向)に流れ、第2流入ノズル66bにより回収される。ここで、ウェハWが移動中に光学部品53とウェハWとの間に充填される液体LQの量を一定に保つため、液体LQの供給量 V_i (m^3/s)と回収量 V_o (m^3/s)とを等しくする。また、液体LQの過剰な循環や不十分な循環を回避するため、XYステージ33すなわちウェハWの移動速度 v に基づいて、液体LQの供給量 V_i 及び回収量 V_o の総量を調整する。例えば、以下の式(1)に基づいて、液体LQの供給量 V_i 及び回収量 V_o を算出することができる。

【0053】

$$V_i = V_o = D \cdot v \cdot d \quad \dots (1)$$

ここで、 D は、光学部品53の先端部53Aの直径(m)、 v はXYステージ33によるウェハWの移動速度(m/s)、 d は投影光学系50の作動距離(ワーキング・ディスタンス)(m)である。主制御系100は、XYステージ33のステップ移動を制御しており、XYステージ33のステップ移動に対応する式(1)に基づいて液体LQの供給量 V_i 及び回収量 V_o を算出することにより、液体LQを光学部品53とウェハWとの間に常時安定した状態に満たすことができる。このように、液体LQの供給量 V_i 及び回収量 V_o を制御することにより、液体LQが光学部品53から不必要にはみ出したり、光学部品53先端の第2光学部材56までも液体LQに浸かったりすることを防止できる。よって、第1光学部材55の浸食や第2光学部材56との間のオプティカルコンタクトの損傷を防止することができ、光学部品53の性能を長期に亘って維持することができる。つまり、光学部品53の交換頻度を低減して、ウェハWの露光処理のスループットを高く維持することができ、延いては、最終製品を安定した品質で効率良く生産することができる。

【0054】

以上は、ウェハWを±X方向に移動させる場合に関するものであったが、ウェハWを±Y方向に移動させる場合も同様の制御によって、光学部品53とウェハWとの間に保持される液体LQの量を安定に維持することができる。

【0055】

なお、投影光学系50の作動距離 d は、光学部品53とウェハWとの間に液体LQを安定して存在させるために可能な限り狭いほうが望ましい。例えば、投影光学系50の作動距離 d は、2mm程度に設定される。

【0056】

以上説明から明らかなように、第1実施形態の投影露光装置によれば、優れたオプティカルコンタクトによって第1光学部材55と第2光学部材56と強固に接合することによって得られるとともに高い透過率を有する光学部品53を組み込んだ投影光学系50を用いているので、高い性能を長期に亘って維持できる液浸型の露光処理が可能になる。

【0057】

〔第2実施形態〕

次に、図面を参照して、第2実施形態に係る投影露光装置について説明する。なお、第

2実施形態の投影露光装置は、第1実施形態の投影露光装置を部分的に変更して、ステップ・アンド・スキャン方式で露光を行うようにしたものであり、第1実施形態と共通する部分については同一の符合を引用して重複説明を省略する。

【0058】

図6は、第2実施形態の投影露光装置に組み込まれる投影光学系の下部等を示す正面拡大図である。この投影露光装置において、投影光学系150の鏡筒51の最下端から突出する光学部品153は、先端部135Aが走査露光に必要な部分だけを残してY方向（非走査方向）に細長い矩形に削られている。走査露光時には、先端部135A直下の矩形の露光領域にレチクルの一部のパターン像が投影され、投影光学系150に対して、レチクル（不図示）が-X方向（又は+X方向）に速度Vで移動するのに同期して、XYステージ33を介してウェハWが+X方向（又は-X方向）に速度 $\beta \cdot V$ （ β は投影倍率）で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、ウェハWのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域への露光が順次行われる。

【0059】

この第2実施形態においても第1実施形態と同様に、液浸法が適用されるため、走査露光中に光学部品153下面とウェハW表面との間に純水等の液体LQが満たされる。なお、光学部品153は、第1実施形態の場合と同様、蛍石製の第1光学部材55と石英製の第2光学部材56とからなる（図2参照）。そして、この光学部品153では、第1光学部材55の基板材55a上に二酸化珪素（ SiO_2 ）からなる薄い被覆膜55bを均一に堆積して、強固なオプティカルコンタクトを実現している。これにより、蛍石からなる第2光学部材56を液体LQから保護することができ、光学部品153延いては投影光学系150の耐久性を向上させることができる。

【0060】

図7は、液体を投影光学系150直下に供給及び回収するための排出ノズル及び流入ノズルの位置関係を示す図である。液体供給装置61には、供給管163aを介して先端部153Aの+X方向側に3個の排出ノズル64aが、また、供給管163bを介して先端部153Aの-X方向側に3個の排出ノズル64bが接続されている。また、液体回収装置62には、回収管165aを介して先端部153Aの+X方向側に2個の流入ノズル66aが、回収管165bを介して先端部153Aの-X方向側に2個の流入ノズル66bが接続されている。

【0061】

実線の矢印で示す走査方向（-X方向）にウェハWを移動させて走査露光を行う場合、液体供給装置61は、供給管163a及び排出ノズル64aを介して光学部品153の先端部153AとウェハWとの間に液体LQを供給する。液体回収装置62は、回収管165b及び流入ノズル66bを介して、先端部153AとウェハWとの間に保持された液体LQを回収する。この場合、液体LQがウェハW上を-X方向に流れており、光学部品153とウェハWとの間が常時液体LQによって満たされる。

【0062】

また、一点鎖線の矢印で示す方向（+X方向）にウェハWを移動させて走査露光を行う場合、液体供給装置61は、供給管163b及び排出ノズル64bを介して光学部品153の先端部153AとウェハWとの間に液体LQを供給する。液体回収装置62は、回収管165a及び流入ノズル66aを介して、先端部153AとウェハWとの間に保持された液体LQを回収する。この場合、液体LQがウェハW上を+X方向に流れており、光学部品153とウェハWとの間が常に液体LQにより満たされる。

【0063】

なお、ウェハWを±Y方向に移動させる際に液体LQを光学部品153とウェハWとの間に循環させるための排出ノズル及び流入ノズルの配置等は、第1実施形態の場合とほぼ同様である。

【0064】

第2実施形態の走査型投影露光装置によれば、優れたオプティカルコンタクトによって第1光学部材55と第2光学部材56と強固に接合することによって得られるとともに高い透過率を有する光学部品153を組み込んだ投影光学系50を用いているので、高い性能を長期に亘って維持できる液浸型の露光処理が可能になる。

【0065】

以上、実施形態に即して本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、第1光学部材55の基板材55aの材料としては、使用波長にもよるが、蛍石に代えてフッ化バリウム (BaF_2)、フッ化マグネシウム (MgF_2) 等を用いることができる。

【0066】

また、第1光学部材55の被覆膜55bの材料としては、使用波長にもよるが、二酸化珪素 (SiO_2) に代えて酸化アルミニウム (Al_2O_3) 等を用いることができる。なお、被覆膜55bは、単一の組成の膜に限らず、複数種類の2以上の膜を積層したものとすることができるが、この場合も、最上層は二酸化珪素等の酸化膜とすることが望ましい。

【0067】

また、第2光学部材56の材料としては、使用波長にもよるが、石英に代えてサファイア等を用いることができる。さらに、フッ化物ガラス等の表面に二酸化珪素 (SiO_2) 等の薄膜を堆積したものを第2光学部材56とすることもできる。

【0068】

また、第1光学部材55の基板材55aや第2光学部材56の形状は、上記実施形態のものに限らない。例えば、第1光学部材55や第2光学部材56のオプティカルコンタクトに供する面は平面に限らず、様々な曲率を有する曲面とすることができる。

【0069】

また、上記実施形態では、真空蒸着法により第1光学部材55の基板材55a上に二酸化珪素 (SiO_2) を成膜したが、これに代えてイオンビームアシスト蒸着法、ガスクラスタイオンビームアシスト蒸着法、イオンプレーティング法、イオンビームスパッタリング法、マグネトロンスパッタリング法、バイアススパッタリング法、ECRスパッタリング法、RFスパッタリング法、熱CVD法、プラズマCVD法、光CVD法等のいずれかの成膜方法を用いることができる。

【0070】

また、上記実施形態では、光学部品53、153の先端部53A、153AとウェハWの表面との隙間空間の全体を液体LQにより満たしているが、このような隙間空間の一部に液体LQを介在させるようにしてもよい。

【0071】

また、上記実施形態では、液体LQとして純水を使用した但、純水に限らず、露光光に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系やウェハ表面に塗布されているフォトリソストに対して安定な各種液体 (例えばセダー油等) を使用することができる。なお、露光光としてF₂ レーザ光を用いる場合、液体LQとして、F₂ レーザ光が透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル (PFPE) 等のフッ素系の液体を用いることができる。

【0072】

また、上記実施形態のノズル64、66等の配置や個数は例示であり、ウェハWのサイズや移動速度等に応じてノズルの配置や個数を適宜変更できる。

【0073】

また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報等の開示されているように、ウェハ等の被処理基板を別々に載置してXY方向に独立に移動可能な2つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】第1実施形態に係る投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】投影光学系のウェハ側に突起する光学部品の構造を概念的に説明する側方断面図である。

【図3】(a)～(d)は、図2に示す光学部品の製造工程を説明する図である。

【図4】(a)は、投影光学系の先端部とX方向用の排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を説明する図であり、(b)は、投影光学系の先端部とY方向用の排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を説明する図である。

【図5】投影光学系の先端部における液体の供給及び回収を説明する部分拡大正面図である。

【図6】第2実施形態に係る投影露光装置の先端部における液体の供給及び回収を説明する部分拡大正面図である。

【図7】投影光学系の先端部とX方向用の排出ノズル及び流入ノズルとの位置関係を説明する図である。

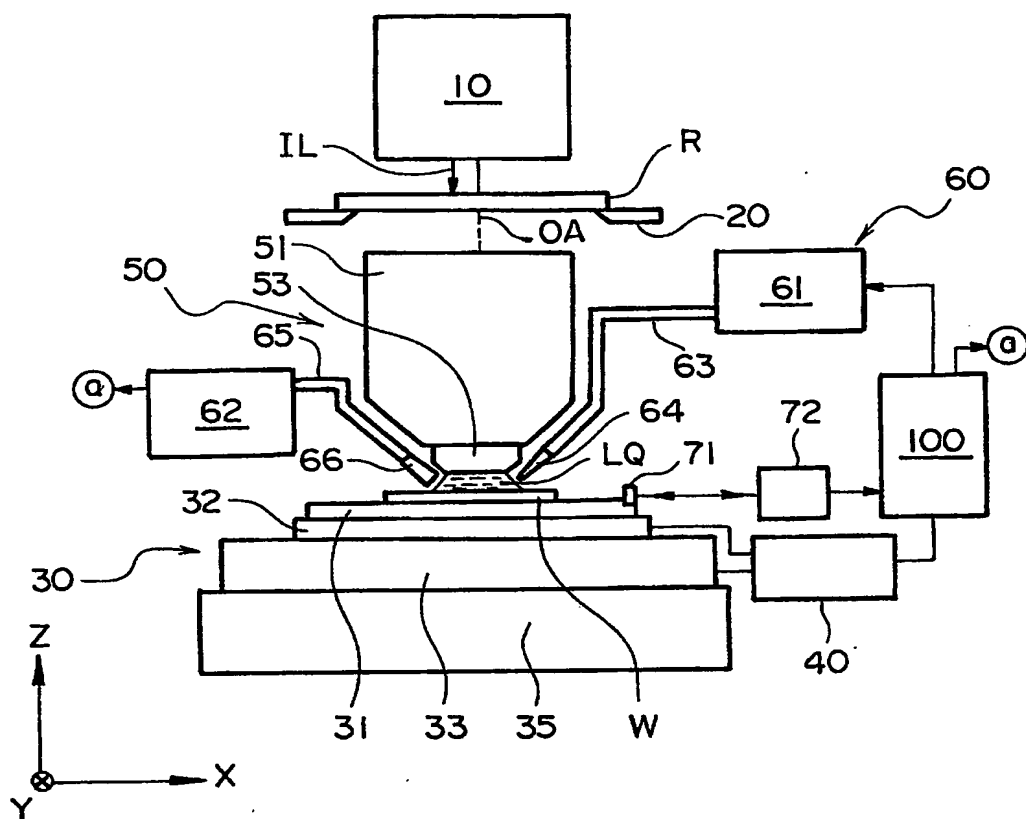
【符号の説明】

【0075】

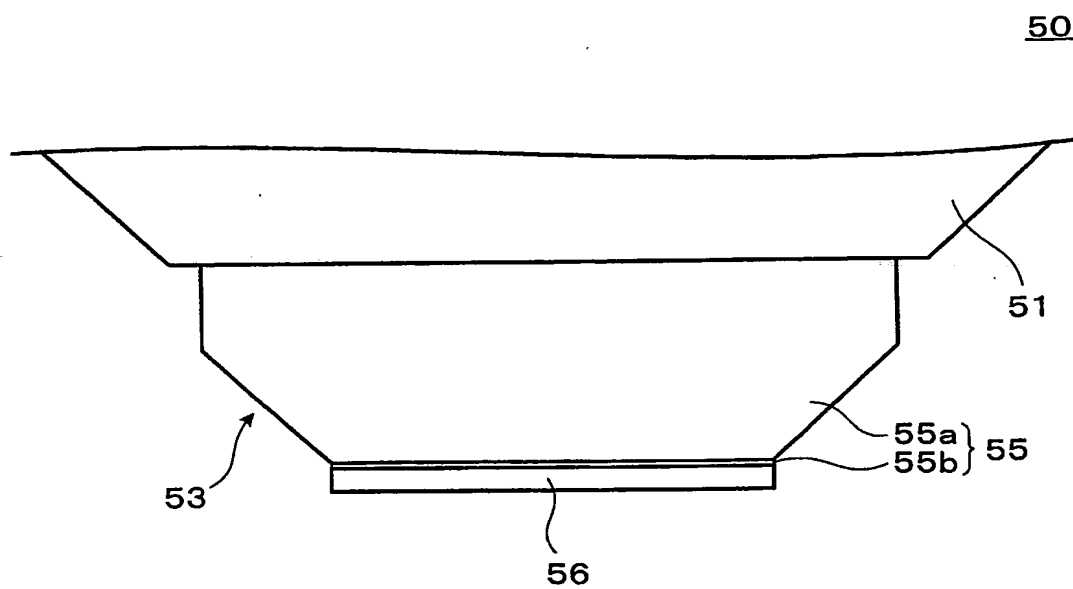
10…照明光学系、 20…レチクルステージ装置、 30…ウェハステージ装置、
40…ウェハステージ駆動系、 50…投影光学系、 53, 153…光学部品、 53
A, 153A…先端部、 55…第1光学部材、 55a…基板材、 55b…被覆膜、
56…第2光学部材、 60…液体循環装置、 61…液体供給装置、 62…液体回
収装置、 100…主制御系、 150…投影光学系、 153…光学部品、 IL…露
光、 LQ…液体、 OA…光軸、 R…レチクル

【書類名】 図面

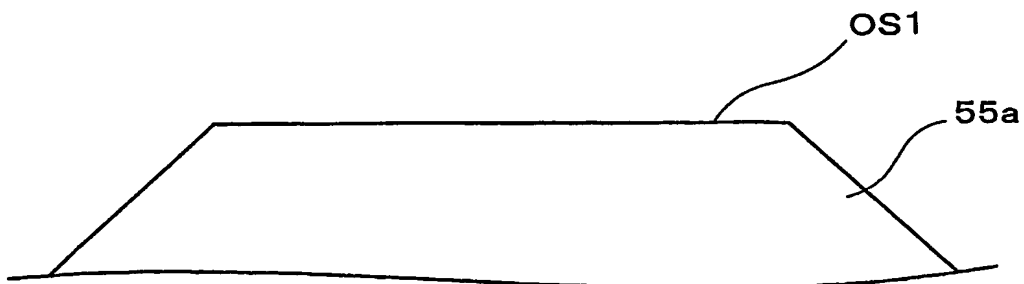
【図 1】



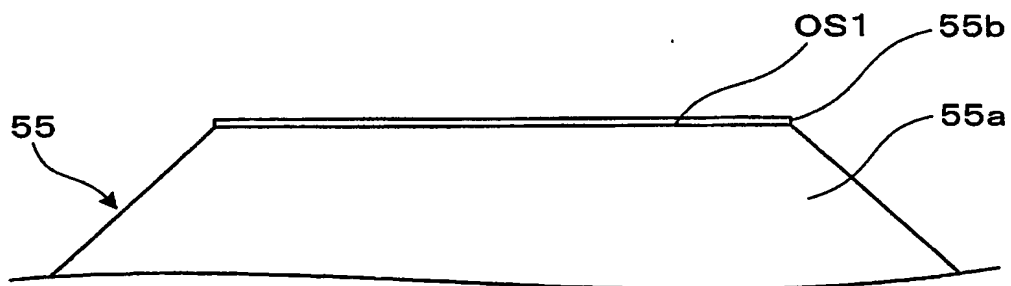
【図 2】



【図 3】



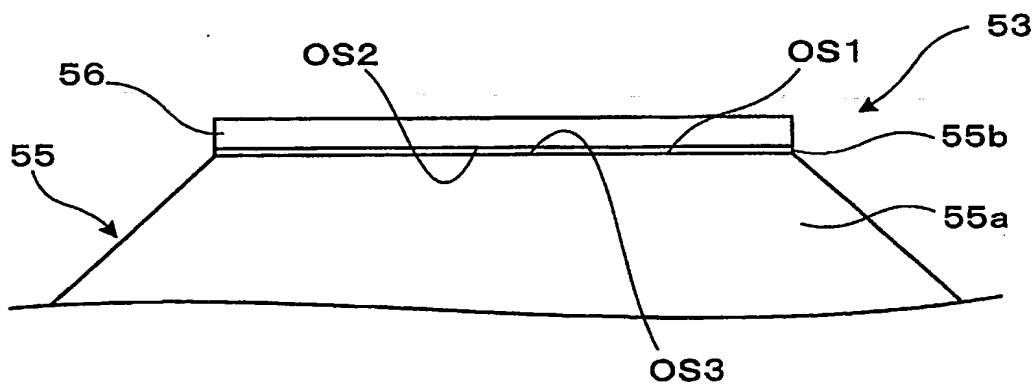
(a)



(b)

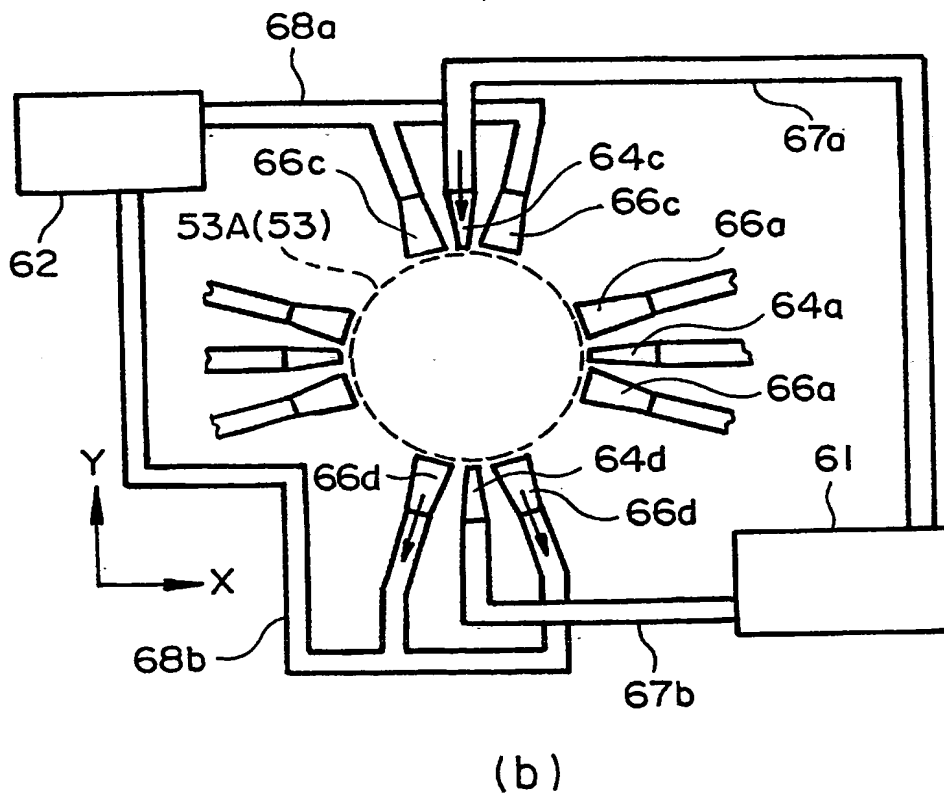
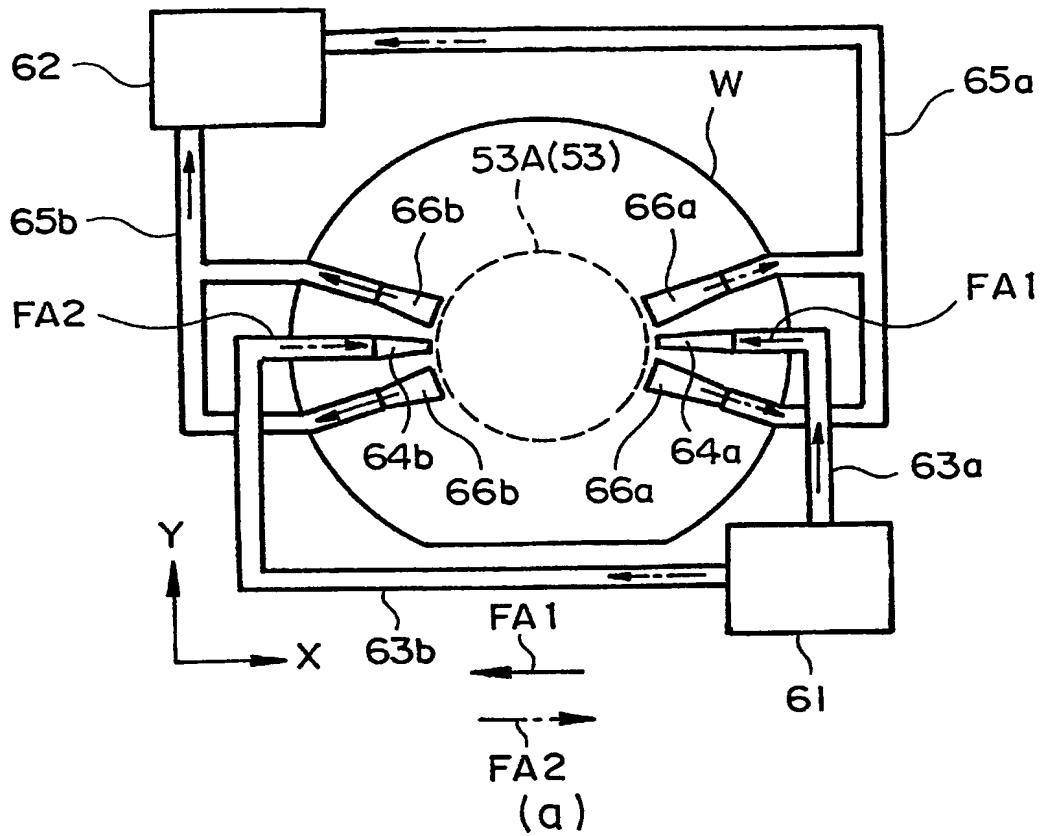


(c)

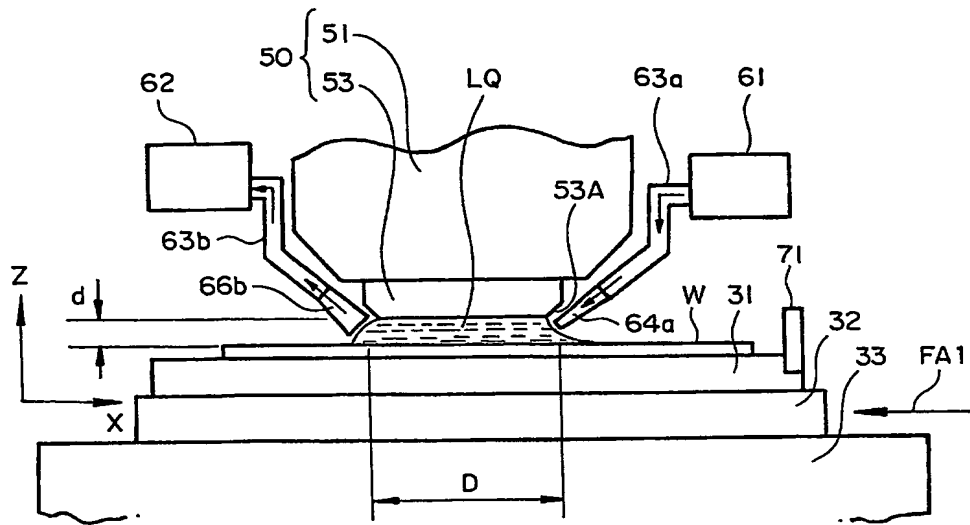


(d)

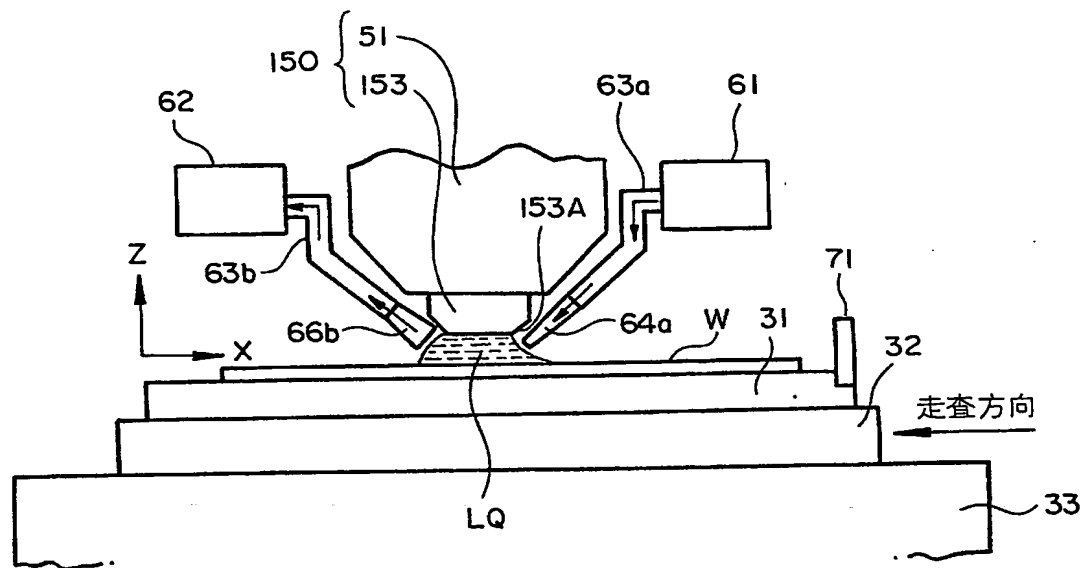
【図 4】



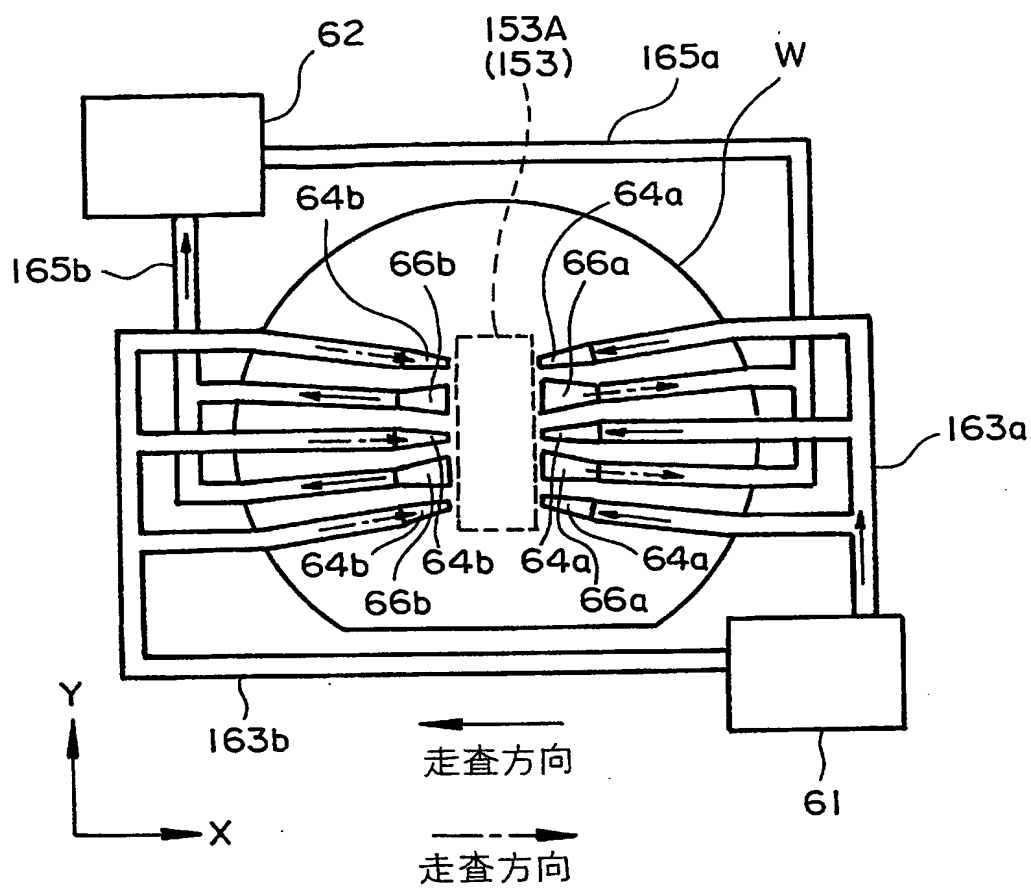
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 投影光学系の先端部が液体によって浸食されにくい光学部品、投影露光装置等を提供することを目的とする。

【解決手段】 第1光学部材55のオプティカルコンタクトに供される側の表面には、酸化物からなる薄い被覆膜55bが形成されている。一方、第2光学部材56のオプティカルコンタクトに供される側の表面には、特に被覆膜を形成していない。このように、第1光学部材55の基板材55aと第2光学部材56との間に被覆膜55bを介在させることによって、第1光学部材55と第2光学部材56との間の接合強度が高まる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2004-042157
受付番号	50400264226
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成16年 2月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】

平成16年 2月18日

特願 2 0 0 4 - 0 4 2 1 5 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン